

智能医学时代生物信息学科技创新人才培养模式探索与实践

徐 娟¹ 李永生²

(¹ 哈尔滨医科大学生物信息科学与技术学院 哈尔滨 150081)

² 哈尔滨医科大学医工交叉学院 哈尔滨 150081)

[摘要] 目的/意义 探索生物信息学科技创新人才培养模式,为智能医学时代该学科人才培养提供重要参考。方法/过程 通过构建人工智能与生物信息学深度融合的课程体系,开展传授知识、提升能力和培养素质相结合的实践教学新途径,建立以创新和实践能力为导向的评价体系,提升师资队伍人工智能素养等措施,探索智能医学领域新兴交叉学科人才培养路径。**结果/结论** 该路径为复合型人才成长提供了良好的理论与实践环境,提高了人才培养质量。

[关键词] 智能医学; 生物信息学; 培养模式; 学科交叉

[中图分类号] R -058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2025.12.016

Exploration and Practice of Innovative Talent Cultivation Model in Bioinformatics in the Era of Intelligent Medicine

XU Juan¹, LI Yongsheng²

¹College of Bioinformatics Science and Technology, Harbin Medical University, Harbin 150081, China; ²School of Interdisciplinary Medicine and Engineering, Harbin Medical University, Harbin 150081, China

[Abstract] **Purpose/Significance** To explore the innovative talent cultivation model in bioinformatics, and to provide an important reference for the cultivation of innovative talents in this discipline in the era of intelligent medicine. **Method/Process** A curriculum system deeply integrating artificial intelligence (AI) and bioinformatics is established. Practical teaching that integrates knowledge imparting, ability enhancement and quality cultivation is carried out. An evaluation system oriented towards innovation and practical ability is restructured. The ability of AI among the teaching staff is improved. Through the above countermeasures, a path for the cultivation of emerging interdisciplinary talents in the field of intelligent medicine is explored. **Result/Conclusion** This path provides a favorable theoretical and practical environment for the growth of compound talents and improving the quality of talent cultivation.

[Keywords] intelligent medicine; bioinformatics; cultivation model; interdisciplinary

〔修回日期〕 2025-11-03

〔作者简介〕 徐娟,教授,发表论文 100 余篇。

〔基金项目〕 黑龙江省高等教育学会高等教育研究课题(项目编号: 23GJYBJ076)。

1 引言

生物信息学作为交叉学科，主要运用计算机科学与信息学方法，对生物医学数据进行处理与分析。自人类基因组计划实施以来，生物信息学始终处于生命科学研究的前沿，推动着研究范式从单纯的问题驱动转变为问题驱动与数据驱动并行。人工智能（artificial intelligence, AI）已成为全球科技创新的核心驱动力，并广泛应用于诊断、手术机器人、健康管理等医疗领域^[1-2]。随着“健康中国 2030”战略的推进，智慧医疗市场规模持续扩大，医疗行业智能化转型逐渐深入。AI 赋能的生物信息学正不断拓展人类对生命科学的认知范围，并为解决全球性挑战提供新的思路与方法。

人才短缺是制约医学 AI 发展的基础性难题，既精通医学知识又擅长 AI 技术的复合型人才极为匮乏，生物信息学创新人才培养成为影响智慧医疗产业发展的关键要素^[3-4]。同时，《关于“双一流”建设高校促进学科融合 加快人工智能领域研究生培养的若干意见》^[5]要求构建基础理论人才与“人工智能 + X”复合型人才并重的培养体系，探索深度融合的学科建设和人才培养新模式，培养和汇聚具有创新能力与合作精神的高层次人才。然而，生物信息学复合型人才培养仍面临以下问题。一是教育理念与目标定位模糊。部分高校或培训机构对复合型人才的培养目标缺乏清晰界定，导致课程设置与教学方法无法满足产业需求。例如，部分专业简单堆砌不同学科课程，未做到有机融合，学生难以掌握跨学科的核心能力。理念方面，医学强调临床实践与个体化诊疗，而生物信息学依赖算法与大数据分析；临床医生对 AI 模型的“黑箱”特性持谨慎态度，而生物信息学家对医学伦

理的复杂性理解不足。二是跨学科课程体系整合不足。既有课程多采用“学科拼盘”模式，缺乏逻辑关联。例如，部分专业仅注重基础编程课程教学，导致学生缺乏对生物、医学等领域的深入理解，在“AI + 医疗”项目中难以提出创新方案。三是实践教学与产业实际脱节。部分专业实习基地数量不足、质量参差不齐，导致学生难以接触前沿技术。四是师资队伍跨学科能力存在短板。部分教师缺乏跨学科背景，难以指导学生开展综合性项目。为此，哈尔滨医科大学、中山大学、浙江大学和海南医科大学等开展相关学科人才培养模式的改革探索^[6-10]，聚焦跨学科融合、前沿技术应用及产业需求对接，形成了具有示范性的创新路径。

哈尔滨医科大学生物信息科学与技术学院将生物信息与医学紧密结合，依托国家级一流本科专业、省级重点学科和全国规模最大的生物信息学教学团队，构建相对成熟的生物信息学复合型人才培养模式，深度融合医学、理学、工学，完善跨学科课程体系和多层次实践体系，为复合型人才成长提供良好的理论与实践环境，提高了人才培养质量。

2 智能医学时代生物信息学科技创新人才培养模式探索

2.1 将人工智能深度融入生物信息学专业课程体系

依托国家一流本科专业（生物信息学）原有课程体系优势，整合学校优势医学资源，加强科教融合深度和广度，紧跟国际前沿进展，打造 AI 赋能的生物信息学课程体系^[11]，形成“课程 - 医学问题 - AI 技术 - 预期能力”映射，见表 1。同时，高度重视生物信息学教材建设，积极探索开发优秀教材，支持课程体系建设。

表 1 生物信息学课程体系映射（示例）

课程模块	医学问题	AI 技术	预期能力
基础医学课程	疾病机制与病理生理学理解不足	深度学习	分析病理图像、基因序列，识别疾病特征，理解分子机制
临床医学课程	诊断效率低、误诊率高	计算机视觉	AI 辅助阅片，提高诊断准确率，减少人为误差
药物研发课程	新药研发周期长、成本高	生成式 AI	智能化设计分子结构、模拟药物相互作用，优化临床试验设计，加速靶点发现
生物信息课程	多组学数据整合困难	图神经网络	智能化构建基因 - 蛋白 - 疾病网络，揭示复杂生物系统调控机制

2.2 开展传授知识、提升能力和培养素质相融合的实践教学

构建课堂教学、学科竞赛、专题项目三维实践创新人才培养模式,见图1。在课堂教学维度,以基础课程和专业导论课程为主,培养学生的知识学习和动手能力。在专业课程中,通过课堂展示和学术讲座等方式,融入学科前沿重大研究成果及学院突出科研成果等。同时引入创新教材,聚焦多学科交叉,对课程的知识目标、体系结构、理论发展进行整理和归纳,以学生为中心,注重产教融合,促进学生在掌握理论知识的基础上形成自身的学习能力和创新能力。在学科竞赛维度,以数学建模、创新创业大赛、人工智能大赛和统计建模竞赛等为平台,鼓励学生应用所学理论知识解决实际问题,提高学生解决问题的能力,以及合作与管理能力。在专项项目维度,鼓励学生加入科研课题组进行学习,结合学业导师制,培养全员化、实践多元化、创新教育全程化“三合一”,全方位提升学生创新实践能力。学生在导师的引导下自主选题、合作完成项目开发以及后期实验验证,真正做到学以致用。

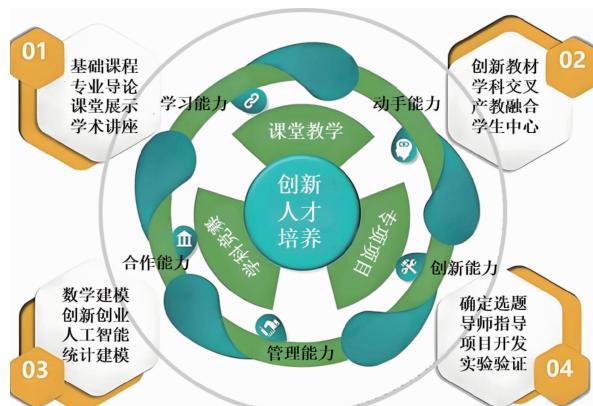


图1 生物信息学创新人才培养模式

2.3 建立以创新和实践能力为导向的评价体系

打破传统笔试为主导的课程考核模式,建立以实践验证和创新输出为核心的评估体系,包括对代码实现、AI工具应用等技术实践能力,以及基于临床问题进行建模、算法优化等创新思维能力的考核,推动考核理念从“知识复现”向“能力证明”

转型。设立“创新学分”,采用多样化考核方式,如虚实结合、学科竞赛、项目路演、开放式挑战赛等,激励学生不断提高实践能力。设置学术伦理审查环节,杜绝学术不端;引入“同行评议+行业导师”双盲评审机制,确保评分具有公信力。

2.4 提升师资队伍人工智能素养

通过多种方式促进教师团队了解人工智能在本领域科学中的应用,如组织相关讲座,鼓励教师参加教育部生物信息学虚拟教研室师资培训和课程培训,以及本领域学术会议等。支持教师参加国内外高校研修、对接国内外相关企业AI研发部门等,在实施生物医学项目过程中提升理论与实践水平,为创新人才培养提供保障。同时,强化复合型师资建设,支持教师参与医工联合科研项目和医院管理实践,同步优化教师评价体系,吸引更多学科交叉背景人才加入教学团队。

2.5 建立专业与学科协同发展育人模式

成立专项工作组,并明确“学科引领专业建设、专业反哺学科发展”的双向促进机制。建立跨学科课程委员会,统筹规划“基础层-核心层-拓展层”课程体系,实现专业核心能力与学科前沿动态有机衔接。基础层开设“学科导论+专业认知”双轨课程,强化学生对学科逻辑与专业应用的关联认知;核心层开发“人工智能+生物医学”等跨学科模块课程;拓展层设立学科交叉创新项目,鼓励学生组建跨专业团队开展课题研究。实施“双导师制”,为每个专业配备学科导师与行业导师,建立师资共享平台,推动学科带头人参与专业建设、专业教师参与学科研究。平台建设方面,整合专业实验室与学科研究平台资源,建设跨学科实验中心,搭建校企协同育人基地,实现专业实践与产业需求无缝对接。紧密围绕基础理论、专业实践、科技创新等人才培养核心问题,改革和优化本、硕、博培养方案,实现多层次生物信息学人才培养方案相互呼应、目标统一,课程内容相互衔接、层层递进,形成生物信息学本科教育与研究生教育协同,思政与专业协同,理论与实践协同,科研与教学协同的“四协同”人才培养模式。

专业与学科协同发展育人模式的探索实践表明，通过系统化设计与创新性实施能够有效破除学科专业壁垒，培养适应新时代需求的复合型人才。

3 探索成效

3.1 人工智能赋能的生物信息学课程体系

哈尔滨医科大学生物信息科学与技术学院积极探索具有“思想性、科学性和时代性”的生物信息学一流课程体系。在专业核心课程中融入新技术相关内容，除了原有的机器学习、模式识别、多元统计学等，新增深度学习、自然语言处理等 AI 新理论、算法与技术，与解读基因表达、细胞图像、蛋白质结构等内容有机融合。新增 AI 技术应用于医学领域的前沿案例，特别是在提升疾病诊断准确性和效率、推动个性化治疗、实现新型药物研发等方面，为解决以往仅凭医学手段难以应对的问题，提供了创新技术路径和实际突破的案例。

此外，加强知识图谱和能力图谱建设。将课程内容分为理论课和实验课两部分，以省一流课程“基因组信息学”为例，理论课包括“基本原理与算法”“组学数据分析与应用”两大模块，实验课为科研案例模块，通过案例实现从理论知识到实践能力的转化。该课程的知识图谱已在哈尔滨医科大学和哈尔滨工业大学使用，反响良好。为使学生及时了解前沿知识内容，邀请国内外优秀专家学者讲授生物信息学研究案例和学术报告。

3.2 生物信息学教材建设

主编本领域国家规划教材《生物信息学》（第 1—3 版）^[12]，参与教育部“101 计划”中“生物信息学”核心课程建设^[13]，具体包括“生物信息学”和“医学大数据与人工智能应用”两门课程。目前，学院正积极参与人工智能与医学深度融合的全国高等学校智能医学工程学专业第一轮规划教材建设，将完成《机器学习与医学应用》《医学大数据技术》《医学自然语言处理》3 种教材的主编工作。

3.3 创新创业和专业竞赛成果

学生参与创新创业和专业竞赛热情高、受益程

度深，获奖层次不断取得新突破，科技创新能力大幅提升。近 5 年，主持国家和省级创新创业项目 30 余项；获数学建模国际特等奖提名等国际奖 50 余项、国家一等奖等省级以上奖励 15 项以上；获中国国际大学生创新大赛国家级银奖、“互联网+”大学生创新创业大赛国家级铜奖、“挑战杯”全国大学生系列科技学术竞赛国家三等奖等。为进一步提升学生的科研能力，鼓励学生参与教师团队科研项目，通过实际科研工作积累经验，在国内外生物信息学领域权威期刊发表学术论文，多项研究成果入选杂志封面论文、热点论文、高被引论文^[14—16]，特别是中国生物信息学 10 大进展等^[17]，得到国内外同行的引用和认可，研发的生物信息学平台与软件在医学、生物学等领域被广泛使用。

3.4 教师团队培养

学院具有背景广泛、实力雄厚的师资团队，目前拥有专业教师 63 人，专业背景覆盖医、药、工、理多个领域，组建了 10 个教研团体。这些教研团体中既有省领军人才梯队、省导师创新团队、优秀博士生导师团队，也有省“头雁”团队中唯一生物大数据领域创新研究团队。学院拥有国家二级教授 3 名、国家级人才 2 名，学科研究生导师 40 余人。部分教师任国家和省级学会会长/副会长，参编学科和专业国家级发展规划教材。主持 863 (4 项)、973 (2 项) 等国家级课题 200 余项，形成以学科建设促专业发展的良好势头。先后主持国家和省级新工科教改课题 20 余项，获省教学成果特等奖 1 项、一等奖 4 项等。

4 结语

随着科学技术的不断进步，智能医学的未来发展将更加侧重于实现个性化医疗与精准治疗。生物信息学与人工智能的结合，将推动医学数据的深度挖掘和精准分析，使医生能够基于大数据进行个性化诊断和治疗方案制定。生物信息学跨学科人才培养将成为智能医学领域未来发展的核心，主要目标包括搭建智能医学大数据开放共享平台；与龙头企业共建“AI + 新药研发”微专业^[18—19]；实现本硕博贯

通培养学分互认等，培养多学科交叉的卓越人才。

作者贡献：徐娟负责资料收集与分析、论文撰写；李永生负责资料收集、论文修订。

利益声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 秦江涛, 王继荣, 肖一浩, 等. 人工智能在医学领域的应用综述 [J]. 中国医学物理学杂志, 2022, 39 (12): 1574–1578.
- 2 李杨, 杜雷雷, 许飞, 等. 大数据与人工智能在医学领域的应用进展 [J]. 协和医学杂志, 2023, 14 (1): 184–189.
- 3 李敏, 项炬, 李洪东, 等. “人工智能+X”背景下生物信息学方向科技创新人才培养体系探索与实践 [J]. 工业和信息化教育, 2021 (10): 10–13.
- 4 陈铭. 人工智能时代生物信息学学科发展和人才培养模式研究 [J]. 人民论坛·学术前沿, 2024 (16): 21–27.
- 5 教育部, 国家发展和改革委员会, 财政部. 关于“双一流”建设高校促进学科融合 加快人工智能领域研究生培养的若干意见 [EB/OL]. [2024-12-15]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_826/202003/t20200303_426801.html.
- 6 丁维, 张伟鹏. 新时代“生物信息学”教学的挑战与思索 [J]. 教育教学论坛, 2025 (18): 17–20.
- 7 李永生, 徐娟. 基于“12345”模式的创新型生物信息学专业人才培养体系探索 [J]. 医学信息学杂志, 2023, 44 (5): 97–100.
- 8 张雁, 周卉, 王馥君, 等. 学为中心: 中山大学人工智能赋能卓越本科教育教学的探索与实践 [J]. 高教学刊, 2025, 11 (19): 42–45, 50.
- 9 陈铭. 大数据时代的整合生物信息学 [J]. 生物信息学, 2022, 20 (2): 75–83.
- 10 李永生, 徐娟. 海南自贸港建设背景下生物信息学专业建设思考 [J]. 医学信息学杂志, 2023, 44 (3): 98–102.
- 11 徐娟, 李永生, 张云鹏, 等. 新医科背景下构建多学科交叉融合的生物信息学专业特色课程体系 [J]. 高教学刊, 2021, 7 (21): 85–88.
- 12 李霞. 生物信息学(第3版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2024.
- 13 陈铭, 吕晖. 生物信息学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2025.
- 14 LI Y, ZHANG Y, LI X, et al. Gain – of – function mutations: an emerging advantage for cancer biology [J]. Trends in biochemical science, 2019, 44 (8): 659–674.
- 15 JIANG T, ZHOU W, CHANG Z, et al. ImmReg: the regulon atlas of immune – related pathways across cancer types [J]. Nucleic acids research, 2021, 49 (21): 12106–12118.
- 16 GAO Y, WANG P, WANG Y, et al. Lnc2Cancer v2.0: updated database of experimentally supported long non – coding RNAs in human cancers [J]. Nucleic acids research, 2019, 47 (D1): 1028–1033.
- 17 HU C, LI T, XU Y, et al. CellMarker 2.0: an updated database of manually curated cell markers in human/mouse and web tools based on scRNA – seq data [J]. Nucleic acids research, 2023, 51 (D1): 870–876.
- 18 娄焕, 马驰. 新工科背景下微专业辅助应用型人才培养的探索与研究 [J]. 才智, 2025 (32): 154–157.
- 19 马春生, 曾建潮, 高春强, 等. 多学科交叉的人才培养模式研究——以智能机器人微专业为例 [J]. 高教学刊, 2021 (8): 133–136.

《医学信息学杂志》开通微信公众号

《医学信息学杂志》微信公众号现已开通，作者可通过该平台查阅稿件状态；读者可阅览当期最新内容、过刊等；同时提供国内外最新医学信息研究动态、发展前沿等，搭建编者、作者、读者之间沟通、交流的平台。可扫描右侧二维码添加，敬请关注！



《医学信息学杂志》编辑部